Aus der klinischen Abteilung des Zahnärztlichen Instituts der Universität Basel.
Vorsteher: Prof. Dr. O. Müller.

Analytisch-klinische Untersuchungen zur Kenntnis der Albrechtschen Wurzelfüllungen, insbesondere der Albrecht «Neu»

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde der medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

HUGO CHAMPION

von Seewen (Solothurn)

Zürich 1941

Buchdruckerei Berichthaus

Zürich 1941 – Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde
Band 51, Nr. 4.

Aus der klinischen Abteilung des Zahnärztlichen Instituts der Universität Basel.
Vorsteher: Prof. Dr. O. Müller.

Analytisch-klinische Untersuchungen zur Kenntnis der Albrechtschen Wurzelfüllungen, insbesondere der Albrecht «Neu»

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde der medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

HUGO CHAMPION

von Seewen (Solothurn)

Zürich 1941

Buchdruckerei Berichthaus

Von der medizinischen Fakultät der Universität Basel
genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. O. Müller

Tag der Promotion: 25. Februar 1941

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern

INHALT

A. Einführung 1
1. Rückblick 1
2. Theorie der Füllmethode 3
B. Zur Kenntnis der alten Albrechtschen Wurzelfüllung 5
1. Chemisch-analytischer Teil 5
2. Physikalischer Teil 10
C. Zur Kenntnis der Wurzelfüllung Albrecht «Neu» 13
1. Vorversuche 13
2. Die Chemie der vorliegenden Stoffe 15
a) Die Natur der harzbildenden Komponenten 15, 17
b) Die Natur der Säuren 16, 18
c) Die Natur des wasserschwerlöslichen Körpers 17
3. Physikalischer Teil 18
a) Die Erhärtungzeit 18
b) Die Erhärtungszeit bei Anwesenheit von Medikamenten . 19
c) Löslichkeit der Albrecht «Neu» 20
d) Transparenzformen 21
e) Verfärbung der Albrecht »Neu» 22
4. Zusammenfassung 22
D. Klinischer Abschnitt 23
E. Ergebnisse 29

Separatabdruck aus der «Schweizerischen Monatsschrift für Zahnheilkunde»
Band 51, 1941, Heft 4.

Aus der klinischen Abteilung des Zahnärztlichen Instituts
der Universität Basel. Vorsteher: Prof. Dr. O. Müller.

Analytisch-klinische Untersuchungen zur Kenntnis der Albrechtschen Wurzelfüllungen, insbesondere der Albrecht «Neu».

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde der medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

Hugo Champion, von Seewen (Solothurn).

A. Einführung.

1. *Rückblick.*

Die Schwierigkeiten der mechanischen Erreichbarkeit des Wurzelkanals und seiner Aufzweigungen sowohl bei der Extraktion der pathologisch veränderten Pulpa, wie der nachfolgenden Einführung von Stoffen, die als Wurzelfüllungsmaterialien in Betracht kommen, erweisen sich als sehr groß. Diese Feststellung führte zu den mannigfaltigsten Modifikationen der medikamentösen Wurzelfüllung. Die instrumentelle Unzugänglichkeit des Kanalsystems der Wurzel machte vor allem das ätzende oder in kurzer Zeit stark desinfizierende Agens zum Remedium cardinale. Meist sind es die Phenole (Kresole, Chlorphenole), die Oxyterpene (Menthol, Kampfer) und die jodhaltigen Körper (Jodoform, Vioform), die die Wirksamkeit solcher Mittel bestimmen. Allen

gemeinsam ist die Eigenschaft, an der kritischen Stelle, d. h. der Abrißstelle mehr oder weniger destruierend zu wirken und durch lebendes Gewebe resorbiert zu werden. Das Medikament verliert so die desinfizierende Kraft und einer Reinfektion steht der Weg offen.

Diese Erkenntnis ließ nach dem Mittel suchen, das den bisher nie erreichbaren organischen, bei der Gangrän zerfallenen Wurzelinhalt, herrührend von der Pulpa in ihren Ausläufern, samt dem Bakterienmaterial im Sinne einer endgültigen Desinfektion zu beeinflussen vermag.

Etwas vor 1900 ging *Buckley* von der Vorstellung aus, daß ein Wurzelfüllungsmaterial sich mit den organischen, infizierten oder nach desinfektorischen Maßnahmen noch infizierbaren Resten «chemisch» verbinden müsse. Zu diesem Zweck schuf er das Trikresol-Formalin. Diese Mischung hat die Eigenschaft, in alkalischem oder saurem Milieu nach einer geraumen Zeit ein unlösliches Kondensationsprodukt, ein Kunstharz fester Konsistenz abzugeben. Da ein zerfallener Wurzelinhalt durch die Fermentation der Ammoniakgas bildenden Mikroorganismen basisch reagiert, liegt die vorteilhafte Verwendung dieses Mittels sehr nahe. Die Vorzüge der Mischung liegen, physikalisch gesehen, in einem der Verhältnisse entsprechend günstigen Diffusionskoeffizienten, pharmakologisch betrachtet, in der äußerst starken Desinfektionskraft des Formalins.

Der Gedanke *Buckleys* fand in *Albrechts* Wurzelfüllung seine Vervollkommnung. Diese bestand ursprünglich aus zwei Flüssigkeiten: Resorzin-Formalin und Alkali. Resorzin wurde beigezogen, weil es ein schneller erhärtendes Kunstharz bildet, als Trikresol. Die Alkaliflüssigkeit besitzt in erster Linie die Aufgabe, die Gewebereste zu quellen oder gar zu verflüssigen, um so ein diffusionsgünstiges Substrat für das nachher eingeführte Resorzin-Formalin zu schaffen. Sie fungiert ferner als Träger der zur Kondensation nötigen Alkaleszenz.

Die Resorzin-Formalinflüssigkeit dickte mit der Zeit ein. Dieser Vorgang ist wohl auf eine Alkaliabgabe seitens des Glases zurückzuführen. Aus diesem Grunde kamen Resorzin

und Formalin später als getrennte Flüssigkeiten in den Handel. Sie wurden wie folgt bezeichnet:

Resorzinlösung: 1a,
Formaldehydlösung: 1b,
Alkalilösung: 2.

Alle Phenolderivate, so auch das Meta-Dioxybenzol Resorzin, nehmen in alkalischer Lösung chromophore Struktur an. Die Umsetzung ist an der Verfärbung des Kondensationsproduktes sowohl in vitro, wie an der Zahnsubstanz zu erkennen. Diesen Nachteil versuchte *Sommer* durch seinen «Recator» auszumerzen. Die Albrechtsche Wurzelfüllung besteht nunmehr aus vier Flaschen. Der Recator, eine Mischung aus Kieselgur und Kaolin, sollte als Adsorbens der Verfärbungsprodukte wirken und so die Füllmethode auch dem Frontzahngebiet zugänglich machen. Die entfärbende Wirkung war jedoch so gering, daß die Fabrik sich entschloß, die Materialien einer gründlichen Bearbeitung hinsichtlich der Verfärbung zu unterziehen. Der Erfolg war Albrechts Wurzelfüllung «Neu» die 1938 dem Handel übergeben wurde. Sie besteht nur noch aus zwei Flüssigkeiten, nämlich 1 und 2.

2. *Theorie der Füllmethode.*

Die Albrechtschen Mischungen werden als Flüssigkeiten im Wurzelkanal appliziert. In den Wurzelkanal als solchen müssen sie mit Pinzetten, Nadeln oder feinen Kanülen eingefüllt werden. Von da aus können sie durch die Kräfte der Kapillarität, der Osmose und der Diffusion in das Kanalsystem und die Dentinsubstanz eindringen. Das Weiterdringen durch Kapillarität ist zweifelhaft, da ein großer Unterschied darin besteht, ob eine Kapillare an zwei oder nur an einem Ende offen steht *(Albrecht)*. Die Osmose läßt keine befriedigenden Erklärungen zu, wohl aber die Diffusion. Darunter versteht man das durch molekular-kinetische Kräfte verursachte Bestreben eines Gases oder einer gelösten Substanz, sich im entsprechenden Mittel gleichmäßig auszubreiten. Das Diffusionssubstrat in unserem Fall wäre das

Zahnbein und sein Kanalsystem. Die Geschwindigkeit der Diffusion ist abhängig vom Grad seiner Durchtränkung. Diese Durchfeuchtung des Dentins erweist sich als sehr wichtig, denn umso mehr Dentin während der Erhärtungszeit des Füllungsmaterials imbibiert wird, desto besser ist der Verschluß des allfällig infizierten Kanalsystems gegen das Lumen des Wurzelkanals. Es scheint nach dem Gesagten von Vorteil zu sein, der Wurzelfüllung eine möglichst lange Erhärtungszeit zu geben. Die Nachteile jedoch folgen auf der Spur: Reizerscheinungen seitens des Periodontiums, deren Entstehung in der Wirkung des Formalins zu sehen ist; letzteres wird als Kunstharzkomponente zu lange nicht gebunden. Es ist also ein Mittelweg einzuschlagen. Frühere Nachforschungen haben ergeben, daß im gut befeuchteten Zahn das alte Albrechtsche Gemisch (mit Farbstoff als Indikator, ohne Alkalilösung) in günstigen Fällen innert zwei bis drei Stunden die gröbern Aufzweigungen des Wurzelkanals bis zum Zement durchsetzt. Um keine Formalinreizung zu bekommen, ist also der Mischung eine Erhärtungszeit zu geben, die unterhalb dieser Zeitgrenze liegt. Durch Veränderung der Konzentration der Alkalilösung haben wir es in der Hand, dieser Forderung zu genügen.

Nach *Albrecht* können Reizerscheinungen am Apex vorkommen, wenn die Flüssigkeit gleich am Anfang zu hoch hinauf zu liegen kam. Ebenso deuten periostitische Affektionen darauf hin, daß das Mittel über das Foramen apicale gestoßen wurde. Es genügt nach *Albrecht*, die Füllmasse zwei Drittel bis vier Fünftel in den Kanal vorzuschieben, den Apex erreiche sie durch Diffusion.

Es ist noch beizufügen, daß durch das Wegdiffundieren der Flüssigkeit im Innern des Kanals Hohlräume entstehen müssen. Solche sind in der Tat in den meisten Fällen vorhanden. Sie sind belanglos, wenn nur an einer Stelle des Kanals ein obturierender Verschluß nachzuweisen ist. *Albrecht* vermengte das Füllgemisch mit Zinkoxyd-Eugenol-Thymolpaste, die sich beim Erhärten etwas ausdehnt. Sie soll den Raum der wegdiffundierten Flüssigkeit kompensieren.

Der Erhärtungsprozeß des Füllmaterials bewirkt eine Einkapselung sämtlicher organischer Reste einschließlich der vorhandenen Bakterien in eine gallertig bis feste Masse. Die Pilze sind so mechanisch fixiert (vielleicht durch das Formalin auch chemisch), sterben ab oder werden wenigstens an einer weitern Vermehrung und Ausbreitung gehindert.

Eine Resorption der Wurzelfüllung konnte bis jetzt ohne die Hilfe röntgensichtbarer Beimengungen nicht nachgewiesen werden. Der Reinfekt auf Grund einer Resorption (Freiwerden der Bakterien) ist daher so gut wie ausgeschlossen.

B. Zur Kenntnis der alten Albrechtschen Wurzelfüllung.

1. *Chemisch-analytischer Teil.*

Die Resorzinkomponente der alten Albrechtschen Füllung ist schon längere Zeit bekannt. Ihre Auflösung in einer öligen Flüssigkeit, Glyzerin, wird Nr. 1a genannt. Diese ist der Gegenstand einer nähern Untersuchung geworden zwecks eventueller Parallelitäten mit der Albrecht «Neu», deren Zusammensetzung unbekannt ist.

Durch dreimalige Ausschüttelung mit Äther im Schütteltrichter (bei phenolphthalein-neutraler Reaktion mit Natriumkarbonat) gingen das Resorzin und ein kleiner Teil des Glyzerins in das Lösungsmittel über, während die allfälligen wasserlöslichen Bestandteile, Wasser und der größere Anteil an Glyzerin sich abtrennen ließen. Das Wasser darf als *ein* Teil des Lösungsmittels des Resorzins in 1a angesehen werden, das Glyzerin als der andere. Durch Bestimmungen der Viskosität (Viskosimeter nach *Ostwald*) einer gesättigten Resorzin-Wasserlösung, einer gesättigten Resorzin-Glyzerinlösung und der Albrechtschen 1a fand ich heraus, daß 1a eine entsprechende Mischung Gewichts- oder Volumteile (diese Unterscheidung dürfte bei den vorliegenden, sehr konzentrierten Lösungen dahinfallen) einer Resorzin-Glyzerin- und einer Resorzin-Wasserlösung ist. Dies findet durch die Synthese der 1a ihre Bestätigung.

Als Formalinkomponente verwandte ich die Formalinlösung der Ph.H.V. Bei dieser Gelegenheit untersuchte ich auch Lösung 1b auf Körper, deren Anwesenheit eventuell maßgebend sein könnte. Die 1b ist ganz schwach lackmussauer. Die Eigenschaft der Formalinlösungen, mit dem Alter saure Reaktion anzunehmen, ist bekannt. Es kann sich dabei nur um die nächst höhere Oxydationsstufe des Formaldehyds handeln, um Ameisensäure, wie der qualitative Nachweis mit Merkuronitrat zu erkennen gibt. Merkuronitrat erzeugt bei Anwesenheit von Ameisensäure eine weiße Fällung von Merkurofomiat, das in der Wärme metallisches Quecksilber abscheidet. Auch ein komplizierter Nachweis nach *Rosenthaler* fiel positiv aus.

Die Ameisensäure kann durch spontane Oxydation des Formaldehyds entstehen, kann aber auch zugesetzt worden sein, da sie die Zersetzung des letztern hemmt. Die vorliegende 1b Lösung dürfte ungefähr ein Alter von drei Jahren aufweisen. Eine gleich alte Lösung aus einer Apotheke zeigte die gleiche Säurereaktion.

Da sich zwischen den beiden Stoffen ein mengenmäßiges Gleichgewicht einstellt, könnte man also zum vorneherein die Säurebildung (auf Kosten des Formaldehyds) durch einen geringen Zusatz von Ameisensäure hemmen. Die Lösung bliebe so qualitativ konstant. Die Säure wäre dann als Konservierungsmittel (Stabilisator) aufzufassen. Sie verhindert zugleich eine Trioxymethylenbildung, die durch die Alkaliabspaltung des Glases in geringem Maß zustande kommen könnte. Die Säure der Lösung 1b ist nach dem oben Gesagten als Zersetzungsprodukt anzusehen.

Der eigentliche Katalyt des Kondensationsprozesses wird durch Lösung 2 verkörpert. Ihre Kenntnis ist daher unerläßlich. Da die zur Verfügung gestandenen Mengen bei weitem nicht ausreichten, um eine Analyse lege artis in Gang zu setzen, mußten die Methoden der Mikrochemie zugezogen werden. An kleinen Proben führte ich die sehr empfindlichen Tüpfelreaktionen auf die am ehesten in Betracht kommenden Alkali- und Erdalkalimetalle aus:

a) *Magnesium:* Mit Titangelb A (Methylbenzolthiazol-(1,3) – 4,4' – Diazoaminobenzolnatriumdisulfonat 2,2').

Die wäßrige oder alkoholische Lösung dieses Farbstoffes ist gelb, variiert nach braungelb durch Alkalinisation, während sie bei Anwesenheit von Mg-Salzen lebhaft rot wird. In einen Napf bringt man einen Tropfen der Lösung des Farbstoffs und ein Korn KCN (Maskierung von Zn, Ni, Co, Cd). Bei Alkalinisierung mit 0,1/n NaOH entsteht Braunfärbung: Negativer Ausfall.

b) *Calzium:* Mit Ammoniumferrocyanid.

Ein Tropfen der Lösung wird in einem kleinen Reagenzglas mit einigen Tropfen Ammoniumferrocyanidlösung gemischt, ein Tropfen Alkohol beigefügt und bewegt.

Ein weißer Niederschlag oder eine Trübung deutet auf Ca. Es entsteht keine Reaktion: Negativer Ausfall.

c) *Natrium*: Mit Zinkuranylazetat.

Eine essigsaure Lösung des Reagens fällt in saurer Lösung Na-Salze. In ein Näpfchen bringt man einen Tropfen der zu untersuchenden und mit Essigsäure angesäuerten Lösung, dann acht Tropfen Reaktiv. Ein gelber Niederschlag würde auf Natrium deuten. Es entsteht kein solcher: Negativer Ausfall.

d) *Kalium:* Mit Natriumkobaltnitrit.

Neutrale oder leicht saure Lösungen von Kaliumsalzen geben mit dem Reagens einen gelben kristallinischen Niederschlag von Kalium Natriumkobaltnitrit. In einem kleinen Reagenzglas wird ein Tropfen der essigsauren Lösung mit einigen Körnchen Natriumkobaltnitrit versetzt. Ein intensiv gelb gefärbter Niederschlag deutet auf den positiven Ausfall der Reaktion.

Wir haben es also in der alten Albrechtschen Lösung 2 mit einer Kaliumsalzlösung zu tun, nicht, wie bisher angegeben wurde, mit Natrium.

Es bleibt noch die Identifizierung des Anions. Ein Zusatz von Salzsäure zu einem Tropfen der Lösung 2 gibt lebhafte Gasentwicklung, die nichts anderes bedeuten kann, als entweichende Kohlensäure. Die Substanz in Nr. 2 kann dennoch nicht als Kaliumkarbonat angesprochen werden, da allfällig vorhandenes Kaliumhydroxyd sich mit der Kohlensäure der Luft ebenfalls zu Kaliumkarbonat umsetzen kann. Dieser Vorgang dürfte besonders bei schon vor längerer Zeit angebrochenen oder nicht ganz luftdicht verschließbaren Flaschen zu erwarten sein. Der Luft ausgesetzte Kalium- und Natriumhydroxydlösungen haben also das Bestreben, sich bis zu einem gewissen Prozentsatz mit Kohlensäure abzusättigen. Untersuchungen diesbezüglich haben jedoch ergeben, daß auch an neuen, noch nicht eröffneten Lösungen Nr. 2 eine starke Karbonatreaktion auslösbar ist. Es findet sich Karbonat tatsächlich primär in der Flasche Nr. 2 vor.

Über die Konzentration des nachgewiesenen Stoffs gibt uns die Gewichtsanalyse die gewünschte Auskunft. Die Bestimmung des spezifischen Gewichts ergab einen Wert von 1,06. Diese Menge (1 cm^3) wurde in einem kleinen Tiegel zur Trockenheit eingedampft und das Gewicht des Rückstands bestimmt. Es kamen Werte von 0,06 bis 0,1 g heraus, je nach dem Grad der Eintrocknung, d. h. der Entweichung des Kristallwassers. Nach frühern, von anderer Seite gemachten Angaben liegt der Prozentgehalt bei 1 %, was den jetzigen Tatsachen nicht mehr entspricht.

Die auf diese Untersuchungen aufgebauten Flüssigkeiten geben ein Kunstharz von gleicher malagaroter Farbe, wie Albrechts ältere Füllung. Schon die Lösung 1 a verfärbt sich wenn sie längere Zeit im Gebrauch war. Die Verfärbungsprodukte darin tragen an der Dunkelfärbung des fertigen Kunstharzes die Hauptschuld. Wenn es möglich ist, diese in irgend einer Form zu fixieren, gelingt auch die Aufhellung des Reaktionsproduktes. Um das Übel bei der Wurzel zu fassen, müssen wir einmal schon die Entstehung genannter Körper zu verhindern suchen. Dies erreichen wir, indem wir die Reaktion der Lösung auf keinen Fall auf der alkalischen Seite belassen. Alkalizusatz zu einer Resorzinlö-

sung gibt Braunfärbung. Selbst bei neutraler Reaktion kann die Verfärbung nachträglich eintreten, wenn durch Alkaliabspaltung des Glases schwache Basizität eintritt. Es gilt daher, die Resorzinlösung entweder in einem alkalifreien Gefäß aufzuheben oder durch leichten Säurezusatz sauer zu machen. Da alkalifreies Glas bis zur Stunde ziemlich teuer ist, geben wir der letztern Methode den Vorzug. Als Säure können wir irgendeine ungiftige organische Substanz wie Ameisensäure, Essigsäure, Bernsteinsäure etc. wählen. Diese Säuren bleiben als solche in Lösung und haben keine andere Funktion, als die Sauererhaltung des Milieus zu garantieren. Durch Stehenbleiben an der Luft wird aber gleichwohl Verfärbung eintreten (angebrochene Flaschen!). Die Absicht, auch dieser aerogenen Verfärbung Herr zu werden, fordert eine Substanz, die reduzierende Eigenschaften besitzt. Solche wären: Natriumsulfit, Natriumbisulfit, Natriumhydrosulfit, Natriumthiosulfat, Hydroxylaminchlorhydrat. Diese Reduktionsmittel, wie auch die vorhin genannten Säuren müßten in erheblichen Mengen zugesetzt werden, um ein wirksames Ergebnis zu erreichen. Die Frage nach einer Substanz, die sowohl Säureeigenschaft als auch Reduktionskraft in sich vereinigt, ist deshalb berechtigt. Auf der Suche danach bin ich auf Askorbinsäure gestoßen. In der Tat genügen Spuren zur Erfüllung unserer Bedingungen. Askorbinsäure ist zudem als Zusatz biologisch unantastbar, während die andern in Frage kommenden Mittel dieser Eigenschaft nicht genügen. Die Verfärbung geht so kaum in ein schwaches Rot über, während die Albrechtsche Füllung stark dunkelrote Farbe annimmt. Die Askorbinsäure muß als Reduktionsfaktor eine Bindung ihrer wirksamen Gruppen mit dem veränderten Resorzin eingehen. Die Säurenatur bleibt erhalten, wie nachzuweisen ist. Wir haben in diesem Moment einen neuen Körper in Lösung, der mit Formaldehyd jedoch kein Kunstharz mehr bilden kann, da seine phenolischen Hydroxylgruppen gebunden sind. Der Vorgang ist analog der physiologischen Reduktion des Adrenalins (Dioxybenzol) durch Vitamin C, welch ersteres dadurch seine Wirksamkeit einbüßt.

Da in einer Resorzinlösung vom Moment ihrer Entstehung an Spuren von Verfärbungsprodukten auftreten, und diese mit der Zeit ein mengenmäßiges Gleichgewicht zur unzersetzten Resorzinsubstanz einnehmen, ist es begreiflich, daß Spuren von Vitamin C genügen, diese sonst nicht mehr reversiblen Oxydationsprodukte zu fixieren. Die Verbindung von Resorzinabbauprodukt und Vitamin C ist aber auch das ursächliche Moment, daß die Erhärtungszeit des von mir synthetisierten Surrogats etwas heraufgesetzt ist. Diese Tatsache ist weit weniger ausschlaggebend für die Verwendung eines Füllungsmaterials, als die krasse Verfärbung, um derentwillen offenbar Albrechts ältere Wurzelfüllung vom Markte verschwand.

Es ist also gelungen, die alte Albrechtsche Wurzelfüllung, deren relativ einwandfreie Verträglichkeit im Wurzelkanal erwiesen ist, erheblich zu entfärben und so eventuell dem Frontzahngebiet zu erschließen. Wird Vitamin C nicht zugesetzt, so sinkt die Erhärtungszeit auf den Betrag der alten fabrikmäßig hergestellten Wurzelfüllmasse zurück.

Die von mir angegebene Zusammensetzung der Resorzinlösung fordert logischerweise eine kleine Veränderung der Alkaliflüssigkeit. Sie besteht in einer geringen Erhöhung der Basizität, die ausschlaggebend für die Erhärtungszeit ist. Es wäre deshalb angezeigt, eine möglichst große Anzahl an dissoziierten Hydroxylionen in Lösung zu bringen. Versuche zeigten, daß starke Basenlösungen die Verfärbung trotz Vitamin C wieder heraufbeschwören; auch könnte die bekannte Schwerlöslichkeit des Endproduktes durch zu große Mengen an Elektrolyt Einbuße erleiden.

2. *Physikalischer Teil.*

Versuche über die Erhärtungszeit der synthetischen Kunstharzflüssigkeit.

Es wurden mit 8- und 16%igen Alkalilösungen bei Zimmer- und Körpertemperatur die Erhärtungsdauer bestimmt.

Zur Mischung gelangten je zwei Tropfen der Resorzin- und Formalinlösung, ein Tropfen der Alkalilösung, wie bei der alten Albrecht. Die Alkalilösungen bestanden aus Kaliumkarbonat allein, Kaliumhydroxyd allein, Kaliumkarbonat und -hydroxyd zu gleichen Gewichtsteilen gemischt. Als Resorzinlösungen fanden eine wäßriggesättigte und eine Lösung aus gesättigtem Resorzin-Glyzerin und gesättigtem Resorzin-Wasser Verwendung. Die Konsistenzformen bei der Erhärtung wurden mit honigartig, harzartig, und lackartig bezeichnet. Diese Einteilung ist willkürlich.

1. Mit 8%igen Lösungen.

a) Zimmertemperatur 20°:

Gesättigte Resorzin-Wasserlösung

8 % KOH	8 % K_2CO_3	8 % K_2CO_3 + KOH
honigartig 3 Std.	honigartig 3 Std.	honigartig 3 Std.
harzartig 6 Std.	harzartig 6 Std.	harzartig 6 Std.
lackartig 9 Std.	lackartig 9 Std.	lackartig 9 Std.

Gesättigtes Resorzin-Glyzerin plus gesättigtes Resorzin-Wasser

8 % KOH	8 % K_2CO_3	8 % K_2CO_3 + KOH
honigartig 6 Std.	honigartig 6 Std.	honigartig 3 Std.
harzartig 8 Std.	harzartig 8 Std.	harzartig 6 Std.
lackartig 10 Std.	lackartig 10 Std.	lackartig 9 Std.

b) Körpertemperatur 37°:

Gesättigte Resorzin-Wasserlösung

8 % KOH	8 % K_2CO_3	8 % K_2CO_3 + KOH
honigartig ¾ Std.	honigartig ¾ Std.	honigartig ¾ Std.
harzartig 1¼ Std.	harzartig 1¼ Std.	harzartig 1½ Std.
lackartig 2 Std.	lackartig 2 Std.	lackartig 2 Std.

Gesättigtes Resorzin-Glyzerin plus gesättigtes Resorzin-Wasser

8 % KOH	8 % K_2CO_3	8 % K_2CO_3 + KOH
honigartig ¾ Std.	honigartig ¾ Std.	honigartig ¾ Std.
harzartig 1¼ Std.	harzartig 1¼ Std.	harzartig 1½ Std.
lackartig 2¼ Std.	lackartig 2¼ Std.	lackartig 2 Std.

2. Mit 16%igen Lösungen.

a) Zimmertemperatur 20°:

Gesättigte Resorzin-Wasserlösung

16 % KOH	16 % K_2CO_3	16 % K_2CO_3 + KOH
honigartig 2 Std.	honigartig 2 Std,	honigartig 2 Std.
harzartig 2¾ Std.	harzartig 3 Std.	harzartig 3¼ Std.
lackartig 3¼ Std.	lackartig 3¼ Std.	lackartig 3½ Std.

Gesättigtes Resorzin-Glyzerin plus gesättigtes Resorzin-Wasser

16 % KOH	16 % K_2CO_3	16 % K_2CO_3 + KOH
honigartig 3 Std.	honigartig 2½ Std.	honigartig 3 Std.
harzartig 3½ Std.	harzartig 3 Std.	harzartig 3½ Std.
lackartig 4 Std.	lackartig 3¼ Std.	lackartig 4 Std.

b) Körpertemperatur 37°:

Gesättigte Resorzin-Wasserlösung

16 % KOH	16 % K_2CO_3	16 % K_2CO_3 + KOH
honigartig 1 Std.	honigartig ¾ Std.	honigartig ¾ Std.
harzartig 1¼ Std.	harzartig 1 Std.	harzartig 1 Std.
lackartig 1½ Std.	lackartig 1¼ Std.	lackartig 1¼ Std.

Gesättigtes Resorzin-Glyzerin plus gesättigtes Resorzin-Wasser

16 % KOH	16 % K_2CO_3	16 % K_2CO_3 + KOH
honigartig ¾ Std.	honigartig ½ Std.	honigartig ¾ Std.
harzartig 1 Std.	harzartig ¾ Std.	harzartig 1 Std.
lackartig 1¼ Std.	lackartig 1 Std.	lackartig 1¼ Std.

Die Versuche mit 16%igen Lösungen wurden deshalb durchgeführt, weil vermutungshalber die geringere Alkaleszenz der 8%igen Alkalilösungen daran schuld sein könnte, die Kondensationskatalyse nach der Kompensation der in der Resorzinlösung wie in der Formaldehydlösung vorhandenen Säure zeitlich zu verlängern. Die Vermutung hat sich bestätigt. Zugleich aber ist der Nachteil der 16%igen Lösungen hervorzuheben: Starke Verfärbung. Ob wir eine Kaliumhydroxyd-, Kaliumkarbonat- oder eine aus diesen Salzen gemischte Lösung verwenden, scheint für den Erhärtungsvorgang nebensächlich zu sein.

(Über die Erhärtungszeiten der Albrechtschen Wurzelfüllung allein, sowie bei Anwesenheit von Medikamenten, verweisen wir auf die Dissertation von *Rudolf Meier*, 1931: Untersuchungen über die Albrechtsche Wurzelfüllung.)

C. Zur Kenntnis der Wurzelfüllung Albrecht «Neu».

Die ersten Richtlinien zum Gang der analytischen Untersuchungen gibt uns ein Antwortschreiben der Herstellerfirma. Wir erfahren daraus, daß die Zusammensetzung der Albrecht «Neu» in Hinsicht auf die ältere gleichnamige Füllung grundsätzlich die gleiche geblieben ist. Die Harzkomponente sei etwas geändert worden, um als Endprodukt ein helles Kunstharz zu haben.

Aus diesen zwei Punkten schließen wir vorerst folgendes:

1. Die neue Wurzelfüllung vereinigt wohl 1b (alt) und 2 (alt) zu einer Lösung, während 1a prinzipiell gleich geblieben und zu 1 («Neu») geworden ist.

2. Der Recator ist überflüssig. Die Oxydation wird durch irgendwelches Mittel aufgehalten, oder an Stellle des bisher verwendeten Resorzins ist ein anderer Körper getreten oder es ist die Reaktion des neuen Gemisches nach der neutralen, vielleichr gar sauren Seite verschoben worden. Die nachfolgenden Vorversuche geben uns darüber nähern Aufschluß.

1. *Vorversuche.*

a) *Reaktion:*

Die Lösung 1 rötet blaues Lackmuspapier. Die kolorimetrische Bestimmung der H-Ionenkonzentration ergab einen Wert von PH 4,0.

Lösung 2 rötet blaues Lackmuspapier. Die H-Ionenkonzentration liegt bei PH 5,0.

b) *Eigenschaften der Säure:*

Die Säure der Lösung 1 ist flüchtig, da sie ein über das Fläschchen gehaltenes feuchtes, blaues Lackmuspapier rötet.

Auch der stechende Geruch der Säure spricht für ihre flüchtige Natur. Sie läßt sich durch Erwärmung zum Teil austreiben.

In Lösung 2 wird eine Säure vermutet, die nicht flüchtig ist. Ein darübergehaltenes feuchtes, blaues Lackmuspapier färbt sich nicht rot.

c) *Eigenschaften der kunstharzbildenden Stoffe:*

In Nr. 1 muß sich die eine harzbildende Komponente vorfinden. Sie läßt sich in farblosen Kristallen aus der Lösung abscheiden.

Nr. 2 entströmt ein stechend riechendes Gas. Die Möglichkeit der restlosen Verdampfung spricht für die flüchtige Natur der andern harzbildenden Komponente.

d) *Vorhandensein eines Geruchskorrigens oder Kaschierungsmittels.*

Der Lösung 1 ist zufolge des oben erwähnten stechenden Säuregeruches ein Korrigens, das auch als Verhüllungsmittel Maskierungszwecken dient, beigegeben. Es ist an der Geruchsprobe ohne Schwierigkeit zu erkennen. Die übelriechenden Zersetzungsprodukte, die sowohl beim Erhitzen wie auch durch Zusatz von Lauge entstehen, könnten auf Säureester von aliphatischen Alkoholen mit mehreren C-Atomen deuten.

e) *Anwesenheit eines wasserschwerlöslichen Körpers.*

Geringer Zusatz von Wasser trübt Lösung 1 milchig. Die mikroskopische Untersuchung läßt eine Emulsion erkennen, die sehr stabil ist.

f) *Nachweis eines Reduktionsmittels.*

In saurer Lösung vermochten kleine Mengen der Flüssigkeit 1 Selendioxyd z. T. zu rotem elemetaren Selen zu reduzieren. Es ist möglich, daß dieses Reduktionsmittel mit dem kunstharzbildenden Stoff identisch ist. Sein Nachweis war schwierig und gelang nicht mit den gewöhnlichen Kupfermethoden.

2. *Die Chemie der genannten Stoffe.*

Lösung 1:

a) *Die Natur der harzbildenden Komponente.*

Angebrochene Lösungen verfärben sich mit der Zeit. Nach einem halben Jahr sind sie leicht gelblich. Nicht eröffnete Flaschen anderer Packungen gleichen Alters zeigen absolute Farblosigkeit. Für die Verfärbung muß daher der Sauerstoff der Luft verantwortlich gemacht werden. Auch durch Zusatz von Natronlauge nimmt die Flüssigkeit gelbe Farbe an. Beide Erscheinungen sind Charakteristika für das Vorliegen eines Phenolkörpers. Beim Eindampfen auf dem Wasserbad und nachheriger Abkühlung auf niedere Temperatur scheiden farblose Kristalle aus. Nach zweifachem Umkristallisieren darf die Substanz als gereinigt angesehen werden. Ihr Geschmack ist süßlich. Der Schmelzpunkt liegt bei 102,5°. Die außerordentlich gute Wasserlöslichkeit deutet zusammen mit den oben genannten Eigenschaften auf Resorzin. Der Schmelzpunktwert dürfte für diesen Stoff etwas zu niedrig ausgefallen sein, was anderseits ein Ausdruck für das Vorhandensein eines Resorzin*derivats* sein könnte. An der gereinigten Substanz wurden zur Bestätigung der gewonnenen Erkenntnisse folgende qualitativ-analytische Proben vorgenommen:

1) Wäßrige Resorzinlösung + $FeCl_3$: Blauviolettfärbung.

2) Wäßrige Resorzinlösung + konzentriertes H_2SO_4 + $NaNO_2$ auf Wasserbad erhitzt, in H_2O gegossen, mit NH_4OH übersättigt und mit Amylalkohol ausgeschüttelt ergibt Blauviolettfärbung des Alkohols.

3) Alkoholische Resorzinlösung + alkoholisches $FeCl_3$: Grünfärbung.

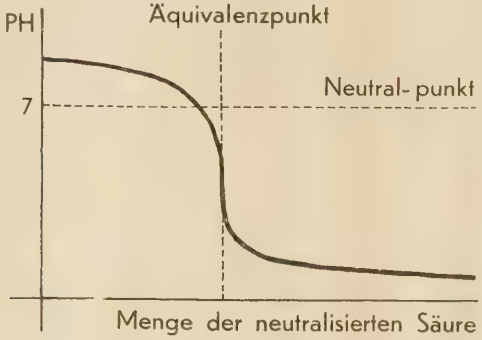
4) Ätherische Resorzinlösung + HNO_2: Nach 24 Stunden entstehen Kristalle, die bei Zusatz von NH_4OH Blauviolettfärbung erzeugen.

Diese Reaktionen fielen alle positiv aus. Durch Parallelversuche ließen sich alle an dem im Handel erhältlichen Resorcinum purissimum reproduzieren. Die vorliegende Sub-

stanz, Resorzin oder Resorzinderivat, darf als die eine harzbildende Komponente bezeichnet werden.

b) *Die Natur der Säure.*

Im Destillierapparat wurden einige cm^3 einer verdünnten Lösung Nr. 1 überdestilliert. Die flüchtige Säure läßt sich so in reinerer Lösung untersuchen, während der größte Teil des Resorzins im Kölbchen zurückbleibt. Durch die Ermittelung der PH-Werte bei Neutralisation mit NaOH läßt sich eine Dissoziationskurve aufzeichnen, deren Verlauf folgender ist:



Die Lage der Kurve (in bezug auf den Neutralpunkt) spricht für eine schwach dissoziierte Säure. Qualitative Reaktionen auf die in Frage kommenden schwach dissoziierten anorganischen Säuren (schweflige Säure, salpetrige Säure, chlorige Säure) waren negativ. Mit großer Wahrscheinlichkeit darf auf das Vorhandensein einer organischen Säure geschlossen werden. In Betracht fallen vorerst: Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure. Die bibasischen Karbonsäuren wie Oxalsäure, Malonsäure, Bernsteinsäure sind alle geruchlos, liegen daher außerhalb unseres Interesses.

Reaktionen auf Ameisensäure und Essigsäure.

An der verdünnten Lösung wurden folgende Proben vorgenommen:

1. Die verdünnte Lösung wird mit 10%igem Silbernitrat versetzt. Es fällt weißes Silberformiat aus, das beim Erwär-

men schwarzes metallisches Silber abscheidet. Diese Probe ist zugleich ein Beweis für das Fehlen von Essigsäure. Essigsäure würde ebenfalls einen weißen Niederschlag von Silberazetat geben, der sich jedoch in der Wärme ohne Silberausfällung auflöst.

2. Die verdünnte Lösung 1 wird mit Merkurichloridlösung versetzt. Es entsteht ein weißer Niederschlag von Merkurochlorid.

Die Ameisensäure in der Lösung 1 ist als nachgewiesen zu betrachten.

c) *Die Natur des wasserschwerlöslichen Körpers.*

Eine Geschmacksprobe läßt die Flüssigkeit 1 als brennend empfinden. Auf Zusatz einer doppelten Menge H_2O zu Lösung 1 erfolgt Trübung. Verdünnt man im Verhältnis 1 : 10, so beginnt die Trübung zu schwinden. Die 1 : 2 verdünnte Lösung erscheint im mikroskopischen Dunkelfeld als eine kleindisperse Emulsion. Die emulgierten Tröpfchen zeigen die Brownsche Molekülbewegung. Sie sind durchschnittlich fünfmal kleiner als ein Erythrozyt und dürften einen mittlern Durchmesser von 1,5 μ aufweisen. Der oben genannte brennende Geschmack, der thymianartige Geruch und die Größe der dispersen Phase sind durchaus identisch mit einer Thymolemulsion. Das Thymol dürfte hier einzig die Rolle eines Desinfiziens spielen.

Lösung 2:

a) *Die Natur der kunstharzbildenden Komponente.*

Das stechend riechende Gas in Lösung 2 macht sich durch diese Eigenschaft unzweideutig als Formaldehyd kenntlich. Eine kleine Menge der verdünnten Flüssigkeit wurde überdestilliert und am Destillat noch folgende Farbreaktionen vorgenommen:

1. P-Nitrophenylhydrazon bildet mit dem Destillat nach längerem Erwärmen auf dem Wasserbad gelbe Kristalle.

2. Destillat + Morphinum hydrochloricum + konzentrierter Schwefelsäure als Tüpfelreaktion ausgeführt ergibt Violettfärbung.

3. Destillat + 1% Phenollösung über konzentrierter Schwefelsäure schichten: Es entsteht an der Grenzfläche ein violetter Ring.

Die Konzentration der Formaldehydlösung entspricht der Formalinlösung der Ph.H.V.

b) *Die Natur der Säure.*

Die Formaldehydlösung Nr. 2 ist stärker mit Säure versehen als eine drei Jahre alte Formalinlösung. Die Säure ist deshalb als Zusatz zu betrachten, auf dessen Aufgabe als Konservierungsmittel schon an anderer Stelle aufmerksam gemacht wurde. Die Reaktionen auf Ameisensäure fielen wider Erwarten negativ aus. Dagegen setzte konzentrierte Schwefelsäure bei Anwesenheit von Äthylalkohol Essigäther in Freiheit, der leicht an dem angenehmen Fruchtgeruch zu erkennen ist.

3. *Physikalischer Teil.*

a) *Die Erhärtungszeit.*

Auf einer dicken Glasplatte, im Thermostat auf die gewünschte Temperatur gebracht, wurden die beiden Flüssigkeiten nach Vorschrift gemischt. Die Erhärtungsphasen hielt ich willkürlich wie folgt fest:

Honigartige Konsistenz,
Harzartige Konsistenz,
Lackartige Konsistenz (feste Konsistenz).

In viertelstündlichen Intervallen erfolgte eine Konsistenzprüfung. Die Temperaturen bei den Versuchen waren einmal 18°, einmal 37° (Thermostat).

1. Erhärtungszeit bei Zimmertemperatur (18°):

Honigartig:	nach 1¼ Std.
Harzartig:	nach 1¾ Std.
Lackartig:	nach 3 Std.

2. Erhärtungszeit bei Körpertemperatur (37 °):

Honigartig: nach ¼ Std.
Harzartig: nach ½ Std.
Lackartig: nach ¾ Std.

Die Temperatur ist also von größtem Einfluß auf die Erhärtungsdauer. Ein kaum 20grädiger Temperaturunterschied vermag sie um das dreifache abzukürzen oder heraufzusetzen.

b) *Die Erhärtungszeit bei Anwesenheit von Medikamenten.*

Bei der Eröffnung von Zähnen, die nach der Methode Albrecht «Neu» gefüllt wurden, zeigte es sich, daß die Erhärtung nicht in der oben bestimmten Zeit vor sich ging. Zur Erklärung dieser Tatsache hat schon *Köhler* die medikamentöse Vorbehandlung des Zahnes für maßgebend bezeichnet. In der Tat ist es gelungen, den Chemismus der Erhärtung durch Spuren von Medikamenten zu beeinflussen. Um möglichst den Verhältnissen in der Praxis gerecht zu werden, wog ich von einer Reihe gebräuchlicher und neuerer Medikamente je 5 mg ab und mischte diese Menge zur Albrechtschen Füllmasse, die jedesmal frisch bereitet wurde. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Zusammenstellung wiedergegeben.

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß allgemein kleindisperse, inerte Substanzen (wie ZnO, Elfenbeinpulver, Kaolin etc.) und basische Stoffe die Erhärtungszeit heraufsetzen, saure Körper (wie $ZnSO_4$-Borsäure, Phosphorsäure etc.) dieselbe verkürzen. Der Wurzelkanal ist daher vor einer Kunstharz-Wurzelfüllung gründlich von allen Partikeln (hauptsächlich Bohrstaub und Fletscher) zu säubern, da eine Formalinreizung, wie sie in der Einleitung beschrieben wurde, nicht zuletzt auf der Vernachlässigung dieser Erfahrung beruhen könnte. Die übrigen Medikamente vermögen gar keine oder nur geringe Abweichungen von der normalen Erhärtungszeit zu bewirken. Die normale Erhärtungszeit ist also abhängig von einem bestimmten Säuregrad, von Verunreinigungen fester Natur und von der Temperatur. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß Spuren der meisten gebräuchlichen Medi-

kamente und Füllungsmaterialien keinen oder nur einen sehr geringen Einfluß auf die Erhärtungszeit ausüben.

Albrecht «Neu» plus Zusatz	Erscheinung bei der Mischung	Konsistenz			
		flüssig Std.	honigartig Std.	harzartig Std.	lackartig Std.
ZnO-Flüssigkeit	Ausflockung	—	—	¼	½
ZnO	—	—	½	1	4
H_3PO_4	—	—	—	¼	½
Steinzementpulver	—	—	¼	½	¾
Jodoform	—	—	¼	½	¾
Vioform	Gelbfärbung	—	¼	½	¾
Elfenbein-Flüssigkeit	—	—	¼	½	¾
Elfenbein-Pulver	—	—	¼	½	1
Walkhoff-Paste	—	—	¼	½	¾
Asphalinpaste	—	¼	—	½	¾
Gysi-Paste	—	¼	—	½	¾
Phenolum liquefactum	—	—	¼	½	¾
Chlorphenolum liquefactum	—	—	¼	½	¾
Chlorphenol-Kampfer	—	—	¼	½	¾
Tricresol-Form	—	—	¼	½	¾
H_2O_2	Trübung	—	¼	½	¾
Alkohol 95%	—	—	¼	½	¾
Cavitol (Müller)	—	—	¼	½	¾
Rivanol 2‰	—	—	¼	½	¾
Pulpolyt	—	¼	½	1	3½
Kaolin	—	½	¾	1	keine Erhärtung
Kieselgur	—	½	¾	1	do.
Tierkohle	—	½	¾	1	24
Plasma (Mensch)	—	—	¼	½	¾

c) *Löslichkeit der Albrecht «Neu».*

Im Reagenzglas wurden Stückchen der unter hermetischen Verhältnissen lackartig erhärteten Wurzelfüllmasse mit verschiedenen anorganischen und organischen Lösungsmitteln überschichtet. Lösungsmittel waren:

Äther,
Alkohol 95%,
Ameisensäure, konzentrierte,
Amylazetat,
Benzol,
Chloroform,
Formalin 40%
Glyzerin
Kalilauge 20%,
Königswasser,
Milchsäure, konzentrierte,
Neoantiformin (Pulpolyt),
Phenolum liquefactum,
Plasma (Mensch),
Salpetersäure, konzentrierte,
Salzsäure, konzentrierte,
Wasser,
Xylol.

Die Kontrolle erfolgte nach Verlauf eines Monats. Es zeigten sich keine Auflösungserscheinungen, außer in Neoantiformin, wo eine Quellung zu beobachten war. Braunfärbung infolge Oxydation trat in Natronlauge und Salpetersäure ein. Das Kunstharz kann praktisch als unlöslich betrachtet werden. Hervorzuheben ist noch die Säureabgabe des Harzes im Wasser.

d) *Transparenzformen.*

Die auf der Glasplatte angerührten und an der Luft kondensierten Komponenten ergeben ein vollkommen durchsichtiges Endprodukt. Im Zahn finden wir aber hermetische Verhältnisse. Bei Erhärtung unter Luftabschluß wird das Material opak und undurchlässig für Licht. Die Bruchfläche ist matt. Die mikroskopische Betrachtung läßt eine feine Körnelung erkennen. Die Erscheinung ist auf das Formalin zurückzuführen, das jetzt gebunden wird, während es vorher zum großen Teil verdunstete. Durch das Weiterschreiten der Kondensation entstehen größere Kunstharzmoleküle, die durch

wort auf den Reiz der morphologischen oder chemischen Beschaffenheit des eingenähten Kunstharzsplitters zuschreiben sollen. Das Verhalten eines Fremdkörpers ist erfahrungsgemäß sowohl der Ausdruck einer unregelmäßig gestalteten wie einer chemisch aktiven Oberfläche.

Wir glauben der Brauchbarkeit des Versuchs am nächsten zu kommen, wenn wir die in der Glasspritze zu gleichen Teilen gemischten Komponenten Nr. 1 und Nr. 2 zur Honig- bis Harzkonsistenz eindicken lassen, um sie erst in einem Zustand einzuspritzen, der ein Austreiben durch die Kanüle eben noch gestattet. Das Mittel wird so als zähe Flüssigkeit im Gewebe eine glatte Oberfläche bewahren, während die Kondensation schon so weit fortgeschritten ist, daß die Formalinwirkung nicht mehr aufkommt.

Um auch das Ergebnis der Wirkung der noch ganz flüssigen wie der lackartig erhärteten Masse zu erhalten, wurde einerseits das eben gemischte Produkt, anderseits ein an allen Flächen abgerundetes, poliertes und in Formalin sterilisiertes Stückchen fertigen Kunstharzes subgingival eingespritzt, respektiv eingenäht.

Wir sind uns voll bewußt, daß bei der letztern Operationsmethode, zufolge der umständlicheren Technik wie der längern Zeitdauer, die Infektionsquellen vergrößert sind. Früher durchgeführte Probeinzisionen haben jedoch gezeigt, daß eine Infektion bei sauberem Arbeiten sich stets vermeiden läßt. Die gesetzten Wunden heilten alle per primam intentionem.

Die Krankheitsgeschichten der Tiere sind folgende:

1. *Tier A:* Es erhielt während des Ätherrausches ein Depot von $^1/_{20}$ cm^3 der eben erstarrenden Wurzelfüllmasse Albrecht «Neu» unter die Oberkieferschleimhaut. Eine Allgemeinreaktion blieb aus, wie die Messung der Temperaturen während drei aufeinanderfolgenden Tagen ergab. Die Schleimhaut über der Injektionsstelle zeigte selbst nach einer Woche keine Rötung. Der Ort des Einstichs blieb während dieser Zeit als schwarzes Pünktchen sichtbar, epithelisierte bald darauf. Eine Ödembildung trat nicht ein.

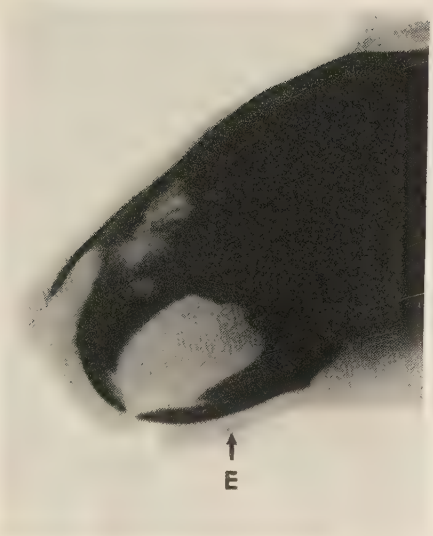


Abb. 1
Röntgenogramm des eingenähten Elfenbeins.
E = Elfenbeinkloß

Abb. 2
Restlos verheilte Wunde nach Elfenbeineinverleibung.
J = Inzisionsstelle

2. *Tier B:* In Äthernarkose wurde zwei Millimeter unterhalb des Gingivalsaumes in der Mitte des Unterkiefers waagrecht inzidiert, ein aus Elfenbeinsplittern bestehendes steriles Klößchen von zirka 5 mm³ Inhalt (Bindemittel: Sterile Glucose) eingeschoben und daselbst durch eine Naht eingeschlossen. (Abb. 1.) Eine Allgemeinreaktion oder lokale Erscheinungen traten nicht ein. Die Nahtentfernung erfolgte nach drei Tagen, worauf die Wunde entzündungslos verheilte. (Abb. 2.)

Als Parallelversuch erhielt dieses Tier drei Tage nach der Elfenbeineinverleibung einen in Formaldehydlösung sterilisierten Kunstharzsplitter eingenäht, dessen Kanten vorher abgetragen und geglättet wurden. Eine Gesamtreaktion war nicht festzustellen. Während weitern zehn Tagen blieb eine fistelartige Öffnung bestehen, die hernach restlos verheilte.

3. *Tier C:* Im Ätherrausch bekam das Tier in die Oberkiefergingiva $^1/_{20}$ cm³ der frisch bereiteten Kunstharzflüssigkeit eingespritzt. Schon nach einer Stunde verdickte sich die Oberlippe durch Ödem ums Doppelte. Die Körpertemperatur stieg innert weniger Stunden um mehr als ein Grad. Nach Verlauf eines Tages entstand an der Einstichstelle ein schwarzer Schorf, der sich in den folgenden Tagen flächenhaft in die umliegende Schleimhaut ausdehnte und sich durch den Geruch als nekrotischer Bezirk zu erkennen gab. (Abb. 3.) Dem gleichen Tier wurde im Unterkiefer kontrollweise Elfenbein eingenäht. Der Wundspalt granulierte, heilte aber nach Wegnahme der Naht rasch zu.

Die histologische Untersuchung erstreckt sich im folgenden auf die betreffenden Gewebepartien, die mit den drei Konsistenzformen des Kunstharzes: 1. flüssig, 2. fest, 3. halberstarrt, und 4. mit Elfenbein (der reizlosen Kontrollsubstanz) behandelt wurden. Die Liegedauer betrug durchwegs rund zwei Monate.

1) Abb. 4 zeigt einen Frontalschnitt der durch die Formalinwirkung erzeugten Nekrose- und Geschwürbildungsstelle (s. Abb. 3) an der seitlichen Oberkieferschleimhaut bei

schwacher Vergrößerung. Dem Periost des linken Oberkiefers (in der Abb. 4 ebenfalls links), das selbst verändert erscheint, sitzt der polypartige, bereits in Ausstoßung begriffene Durchtränkungsbezirk des Kunstharzes mit seiner Grundfläche auf. Gegen dessen Stiel wächst von allen Seiten her ein demarkierendes Granulationsgewebe vor, das in der vergrößernden Abb. 5 verdeutlicht ist. Die Peripherie des Kopfes (Abb. 4) trägt noch die Reste des frühern Abwehrgewebes, während im Innern die dunklen Massen des opaken Kunstharzes zu erkennen sind. Sie liegen verstreut zwischen den Elementen des Bindegewebes und der Muskulatur, welch letztere z. Teil verschwunden, z. Teil in Auflösung begriffen ist. Zur Seite des Kopfes geht das noch völlig intakte mehrschichtige Plattenepithel der Mundschleimhaut unvermittelt in eine Geschwürfläche über, was durch das plötzliche Abnehmen und Verschwinden der Epithelschichte charakterisiert wird. Abb. 6 gibt diese Stelle in stärkerer Vergrößerung wieder. Weiterhin läßt Abb. 7 ganz besonders die schollige Entartung der quergestreiften Muskulatur hervortreten. Während Kerne und Zellen des interstitiellen Bindegewebes nicht mehr zu finden sind, können alle Übergänge des Zerfalls von der Karyolyse der Kerne bis zum völligen Verlust der Struktur der Muskelfaser gesehen werden. Die nekrotische Muskulatur färbt sich vor allem mit sauren Farbstoffen. Die mit Hämalaun-Eosin behandelten Schnitte lassen daher dieselbe rot aufleuchten und im Bilde hell erscheinen. Aus diesem Bild angefertigte Detailaufnahmen (Abb. 8, 9 und 10) illustrieren verschiedene Stadien der Zersetzung quergestreifter Muskulatur, in deren Nähe das flüssige Kunstharzgemisch eingespritzt wurde.

2) Die Gewebelücke in Abb. 11 wurde vor der Schnittanfertigung vom lackartig erstarrten Kunstharzkloß ausgefüllt, der mitten in die quergestreifte Muskulatur der Gesichtsweichteile zu liegen kam. Die Muskelfasern ziehen mit erhaltener Struktur bis zur Oberfläche des ursprünglichen Kunstharzes, ein Beweis, daß eine chemische Alteration im Sinne des Formaldehyds nicht erfolgte. Hingegen scheint eine daselbst gelegene, jedoch schwach ausgebildete Granulation der Ausdruck für die Säure oder Fremdkörperwirkung zu sein.

Das Kunstharz selbst zeigte trotz seiner «organwidrigen» Zusammensetzung aus rein synthetischen Stoffen Spuren von mikroskopisch nachweisbaren Arrosionen, Merkmale beginnender Resorption.

3) Die Gewebereaktion des halberstarrten, honig-harzartig kondensierten Kunststoffs nimmt eine Art Mittelstellung zwischen den vorgängig beschriebenen Bildern der in flüssiger und in fester Form applizierten Albrecht-Masse ein. Wie eingangs dieses Abschnittes beschrieben wurde, behielt das einverleibte Material rundliche Form mit glatter Oberfläche bei. Der morphogene Anteil der Fremdkörperwirkung dürfte so kaum mehr in Betracht fallen, so daß das histologische Bild, wie es Abb. 12 vor Augen führt, nur noch ein Ausdruck der in dieser Konzentration gewebeschädigenden Agentien sein kann. Die Formalinbindung ist hier so weit vorangeschritten, daß die Wirkung dieses Körpers nicht mehr ins Gewicht fällt. Es ist die Säure, die in diesem Stadium der Kondensation noch zur Geltung gelangt. In der honig-harzartig erstarrten Masse ist nämlich (dies diene zur Erhärtung unserer Theorie) der Formaldehydgeruch verschwunden, während die Säure, dank ihrer flüchtigen Natur, sowohl mit der Geruchs- wie mit der Lackmuspapierprobe nachweisbar bleibt. In Abb. 12 liegen in der Mitte zwei Kunstharztropfen, die im zäh-viskösen Zustand eingespritzt wurden. Ihren Rand umgeben gequollene Muskelfasern, die hier meist schräg getroffen sind. Eine eigentliche granulierende Demarkation ist nicht zu finden, jedoch legt sich das Muskelbindegewebe an einzelnen Stellen (besonders in der obern Bildhälfte) dicht an die Peripherie des Harzes. Es scheint eine Art Abkapselung im Gange zu sein. Die Quellung der Muskulatur ist hier der Wirkung der Säure zuzuschreiben, die in der vorhandenen Konzentration eine Noxe des Muskels, nicht aber des weniger differenzierten Bindegewebes verursachte. Wäre die Formalinwirkung nicht ausgeschaltet, müßte auch eine Alteration des Bindegewebes vorliegen, wie dies beim flüssigen Gemisch der Fall war.

4) Abb. 13 stellt einen Querschnitt durch die mittlere Unterkieferpartie des Nagers mit den bedeckenden Weich-

teilen dar. Der Elfenbeinkloß, der im Gewebe durch das Herauslösen der Glucose in Splitter zerfiel, ist im Bilde selbst nicht sichtbar. Die Splitter wurden durch das Schneiden und die entsprechende Behandlung der Paraffinschnitte mitentfernt. Sie füllten die Lücken des lockeren Bindegewebes zwischen Platysma und Alveolarfortsatz des Unterkiefers. Schon die geringe Haftbarkeit im Gewebe begründet das absolut reizlose Verhalten des Elfenbeins. Bindegewebe, Muskulatur und Knochen sind frei von Veränderungen jeglicher Art, was einmal ein Beweis für die einwandfreie Verträglichkeit der einverleibten Substanz, anderseits ein Index für das Fehlen einer Infektion bedeutet. Letztere Tatsache ist das Ergebnis der sterilen Operationstechnik, die mit diesem Versuch der Kontrolle unterworfen wurde.

Um auch einen Anhalt über die Gewebeverträglichkeit am Menschen zu erhalten, wurden acht Zähne untersucht, die alle durch Gangrän der Pulpa apikale Herde aufwiesen. Die Gangränbehandlung erfolgte mit Asphalin, das als aktivste desinfizierende Komponente Formaldehyd abgibt. Trotzdem trat in sechs Fällen von gut zugänglichen Granulomen nach der Füllung mit der Albrecht «Neu» eine heftige Reaktion ein, die stets mit einer Schwellung der Weichteile einherging. In zwei Fällen davon mußte der Zahn extrahiert, in einem Falle konnte durch Entleerung des Eiters durch den Kanal Erleichterung geschaffen werden. Die andern Fälle waren durch eine mehr oder weniger lange andauernde Parodontitis gekennzeichnet. Die restlichen zwei Zähne gestatteten keinen Zugang zum Granulom. Hier erfolgte auch nicht die geringste schmerzhafte Reaktion.

Die Füllmethode nach Devitalisation bietet *klinisch* nichts Besonderes, da das lebende Gewebe fehlt.

Auch diese Untersuchungen zeigen, daß Albrechts Gemisch, in flüssigem Zustand am Menschen mit lebendem Gewebe in Berührung gebracht (und dies ist der einzige Weg der wirksamen Applikation), dieselben Symptome hervorzurufen vermag, wie sie oben beim Tierversuch beschrieben wurden.

E. Ergebnisse.

1) Die zur Reaktion gelangenden Körper der Albrecht «Neu» werden unter sauren Bedingungen zum Kunstharz. Die ältere Wurzelfüllung stand im Sinne Albrechts unter der Katalyse des alkalischen Milieus.

2) Das Eindringungsvermögen in das Diffusionssubstrat ist herabgesetzt, da der Grad der Gewebequellung durch Säure geringer ist, als durch Alkali.

3) Das Endprodukt spaltet Säure ab, während das Kondensationsprodukt der alten Albrechtschen Füllung vollkommen neutral reagiert.

4) Das fertige Kunstharz bleibt nicht farblos. Die Verfärbung geht jedoch nicht so weit wie bei der ältern Füllmasse.

5) Die kunstharzbildenden Komponenten selbst haben keine wesentliche Veränderung erlitten. Neue Zusätze sind: Organische Säuren, Desinfektionsmittel, Kaschierungsmittel. Die Alkaliflüssigkeit fällt weg, ebenso der Recator. Die Resorzinkomponente wird, statt in Glyzerin, direkt in Säure konserviert.

6) Die Gewebeverträglichkeit im Tierversuch ist nur beim zähflüssigen und beim vollständig erhärteten Medikament einigermaßen erwiesen. Dabei spielen die Konsistenzformen im Vergleich zum Grad der Formalinbindung eine völlig untergeordnete Rolle. Das flüssige Kunstharz erzeugt zufolge des Gehaltes an hochkonzentriertem Formalin Ödeme und Nekrosen, wie das auch bei der älteren Füllung der Fall war.

7) Über die Verträglichkeit im Wurzelkanal nach Devitalisation konnte *klinisch* nichts Nachteiliges nachgewiesen werden. Sobald aber bei Gangrän Berührung mit dem periapikalen Gewebe eintrat (Granulom), machten sich die unter 6) genannten Erscheinungen geltend.

8) Die Indikation beschränkt sich auf Grund der chemischen, klinischen und histologischen Untersuchungen auf folgende Fälle:

a) Wurzelfüllung nach Devitalisation der Pulpa.

b) Wurzelfüllung nach Gangrän, wo der Herd schlecht oder nicht erreicht werden kann, also in allen Fällen mit engen, gekrümmten oder stellenweise völlig obliterierten Kanälen, sowie bei Wurzeln, deren Foramen seitlich des anatomischen Apex oder nicht einheitlich ausmündet.

9) Die alte Albrechtsche Wurzelfüllung ist dem neuen Produkt überlegen, wenn sie auch starke Verfärbung mit sich bringt. Der Einbezug der Säure in Albrecht «Neu» hat als Nachteil zu gelten, der durch die geringere Verfärbung nicht aufgewogen wird. Zudem ist die Entfärbung der ältern Albrechtschen Füllung in erheblichem Maß möglich geworden. Vergleichend klinisch-histologisch-bakteriologische Untersuchungen beider Präparate nach Devitalisation und Gangrän der Pulpa müßten dem Ersterzeugnis die endgültige Vorrangstellung zusprechen.

Literatur.

Adloff: Die Reinfektion der Wurzelkanäle. Zahnärztl. Rdsch. 1924.

Altenkamp, Cl.: Die 2-Phasenbehandlung. Dtsch. Zahnärztl. Rdsch. 1938.

Baumgärtel, W.: Klinische Beiträge zur modernen Wurzelfüllmethodik unter besonderer Berücksichtigung der Albrecht-Füllung und der Trypaflavin-Jodoformpaste nach *Rebel.*

Dietrich, A.: Allg. Pathologie und patholog. Anatomie.

Edlbacher, S.: Lehrbuch der physiologischen Chemie.

Fehling: Handwörterbuch der Chemie.

Geiger: Handbuch der Physik.

Jander, G., und *Jahr, K. F.:* Maßanalyse.

Jordanoff: Die kombinierte Wurzelfüllung nach Albrecht-Sommer. Dissertation, Leipzig 1927.

Karrer: Organische Chemie.

Köhler: Beobachtungen bei der Anwendung des Kali hydr. comp. Köhler und der Albrechtschen Wurzelfüllung.

Lüthy: Über den Einfluß von Chlorphenol, Phenol, Trikresol-Formalin, Triopaste, Albrechtscher Wurzelfüllung auf das Periodontium des Hundes. Vjschr. Zahnhk. 1928.

Meier, R.: Untersuchungen über die Albrechtsche Wurzelfüllung. Dissertation, Basel 1931.

Misch, I.: Fortschritte der Zahnheilkunde.

von Möllendorff, W.: Lehrbuch der Histologie.

Müller, O.: Die Elfenbein-Wurzelfüllung. Z. Stomat. 1937.

Müller, O.: Über das Elfenbein als Wurzelfüllung und zur Bedeckung der freigelegten Pulpa. Mschr. Zahnhk. 1938.
Müller, O.: Wurzelfüllmethoden. Fortschr. Zahnhk. 1929–1932.
Ostwald, W.: Lehrbuch der allg. Chemie.
Ostwald, W.: Physikalisch-chemische Messungen. Leipzig 1925.
Rosenthaler: Chemische Analyse.
Sommer: Der bakteriendichte Abschluß der Wurzeln. Zahnärztl. Rdsch. 1924.
Sommer: Die kombinierte Wurzelfüllung.
Sommer: Die Wurzelfüllung nach Albrecht-Sommer, eine Ramifikationenfüllung. Dtsch. Zahnärztl. Wschr. 1926.
Treadwell: Anorganisch-chemische Analyse.
Wenger und *Gutzeit:* Chimie anorganique: Analyse qualitative au moyen de réactifs organiques.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Oskar Müller spreche ich meinen aufrichtigsten Dank aus für die wertvolle Hilfe und Unterstützung, die er dieser Arbeit zuteil werden ließ.

CURRICULUM VITAE.

Ich, Hugo Champion, wurde 1916 in Olten geboren als Sohn des Champion Emil, Lehrer (von Seewen, Solothurn) und seiner Frau Agnes, geb. Studer (von Wangen bei Olten). Daselbst besuchte ich Primarschule und Progymnasium und bestand im Herbst 1935 am Gymnasium der Kantonsschule in Solothurn die Maturität. Das Hochschulstudium begann ich in Genf, wo ich nach zwei Semestern das 1. medizinisch-propädeutische Examen ablegte. Nach weitern drei Semestern an der Berner Fakultät absolvierte ich das 2. medizinische Propädeutikum für Ärzte. Für das klinische Studium siedelte ich nach Basel über, um nach weiteren vier Semestern im Frühjahr 1940 das Fachstudium mit dem Staatsexamen nach der neuen Prüfungsordnung abzuschließen. Seither bin ich als Assistent an der klinischen Abteilung des hiesigen Zahnärztlichen Universitätsinstituts tätig, wo ich Gelegenheit fand, unter der Leitung des Vorstehers und Direktors, Herr Prof. Dr. *O. Müller*, die vorliegende Arbeit zu verfassen.

An dieser Stelle möchte ich dem gesamten Personal des Zahnärztlichen Institutes wie meinem lieben Eltern den Dank bezeugen für die stete Mithilfe bei der Vorbereitung und Ausführung dieser Arbeit.